

缙云山四川大头茶花粉游离脯氨酸含量与生殖产量特征研究

曾 波, 钟章成, 张小萍

(西南师范大学生命科学学院, 重庆 400715)

摘要:四川大头茶(*Gordonia acuminata*)是缙云山亚热带常绿阔叶林的优势树种之一,在缙云山的很多群落类型中均有分布。对缙云山四川大头茶的花粉游离脯氨酸含量的影响因素以及花粉游离脯氨酸含量与四川大头茶生殖产量之间的关系进行了研究。研究表明,缙云山四川大头茶的花粉游离脯氨酸含量不受植株年龄大小的影响,但与植株所处的群落类型有很大关系。常绿阔叶林中四川大头茶的花粉游离脯氨酸含量最高,四川大头茶纯林中次之,针阔混交林中四川大头茶花粉游离脯氨酸含量最低。四川大头茶花蕾产量和果实产量随植株年龄的增大而增大,但座果率与植株年龄大小无关。对花粉游离脯氨酸含量与花蕾产量、果实产量和座果率之间的相关关系分析表明,花粉游离脯氨酸含量与花蕾产量不具有相关关系,与果实产量具有正相关关系,与座果率具有极显著正相关关系。这证实了与受精作用无关的生殖产量特征不受花粉游离脯氨酸含量影响,而与受精作用有关的生殖产量特征将受花粉游离脯氨酸含量影响的研究假设。由于与花粉游离脯氨酸含量呈极显著正相关关系,座果率具有和花粉游离脯氨酸含量一样的群落间变化模式。

关键词:四川大头茶;花粉游离脯氨酸;生殖产量;群落

Studies on pollen free proline content and features of reproductive yields of *Gordonia acuminata* in Jinyun Mountain

ZENG Bo, ZHONG Zhang-Cheng, ZHANG Xiao-Ping (Faculty of Life Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715, China)

Abstract: *Gordonia acuminata* is one of the dominant tree species of evergreen broad-leaved forest in Mt. Jinyun, and it occurs in many communities. In the present study, the factors affecting free proline content in pollen of *Gordonia acuminata* in Mt. Jinyun, and the relationships between pollen free proline content and reproductive yield features of *G. acuminata* were investigated. It was found that pollen free proline content of *G. acuminata* in Mt. Jinyun could not be affected by plant age, rather influenced by the community in which plants were growing. *G. acuminata* plants in evergreen broad-leaved forest had the highest pollen free proline content the plants in *G. acuminata* forest had the intermediate, and the lowest pollen free proline content in the plants was found in *G. acuminata* - *Pinus massoniana* mixed forest. Apart from fruit-setting rate, flower bud yields and fruit yields of *G. acuminata* plants increased with age. The correlation analysis showed that pollen free proline content was not correlated with flower bud yields, but correlated with fruit yields and very significantly correlated with fruit-setting rate. This result confirmed the hypothesis that fertilization-related reproductive yield features are affected, and fertilization-unrelated reproductive yield features are not affected by pollen free proline content. Due to the very significant correlation with pollen free proline content, fruit-setting rate of *Gordonia acuminata* had the same variation patterns as pollen free proline content among the three communities investigated.

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(39330050)

收稿日期:1999-11-12 修訂日期:2000-07-20

万方数据

作者简介:曾 波(1964~),男,重庆涪陵人,博士,副教授。主要从事植物生态学研究

Key words: *Gordonia acuminata*; pollen free proline; reproductive yield; community

文章编号:1000-0933(2001)08-1251-05 中图分类号:Q948 文献标识码:A

四川大头茶是缙云山亚热带常绿阔叶林的优势树种之一,大型乔木。分布于缙云山不同群落类型中。在以往对四川大头茶生殖生物学的研究中,发现其生殖产量特征存在群落间差异^[1],但导致这种差异的内
在原因,特别是可能与之直接相关的生理学原因却不够清楚。

近几十年来,科研工作者研究发现脯氨酸在植物生殖中起着重要的作用。许多植物的花粉中都含有大
量的游离脯氨酸,其含量可高达花粉干重的 2.5% 以上^[2~4]。花粉中游离脯氨酸的积累被认为与花粉的育
性有关^[5~7],能保持并促进花粉的生活力,在受精过程中起重要生理作用^[2, 8~10]。这说明,在植物的生殖过
程中,花粉中的游离脯氨酸可能扮演着一个比较重要的角色。

四川大头茶在缙云山分布于不同类型的群落中。不同类型群落的物种组成不同,群落特征各异。由于
所处生境不同以及植株个体生理活动水平的差异,四川大头茶个体的花粉游离脯氨酸含量可能不尽相同,
并且由于这种差异,四川大头茶的生殖产量特征也可能表现出差异。为对四川大头茶花粉游离脯氨酸含量
的影响因素以及花粉游离脯氨酸含量与生殖产量特征 之间的关系有更进一步的认识,本文提出如下假设
并加以实验检验:① 四川大头茶花粉游离脯氨酸含量受四川大头茶植株所处生境的影响,并且与树龄有一
定关系。② 由于花粉游离脯氨酸的主要功能在于保持并促进花粉的生活力,并在受精过程中发挥重要作用^[2, 8~10],因而与受精作用直接有关的四川大头茶生殖产量特征将受花粉游离脯氨酸含量高低的影响,而
与受精作用没有直接关系的生殖产量特征将不受花粉游离脯氨酸含量的影响。

1 研究方法

1.1 研究地点

研究地点位于重庆市郊的缙云山自然保护区(29°50'N, 106°26'E)。该区气候属亚热带湿
季风气候。有关该地区详细的气候特征已有报道^[11]。

1.2 实验方法

选择缙云山地区 3 种典型的具有四川大头茶的群落类型,分别为位于青龙寨(海拔约 870~890m)的
四川大头茶常绿阔叶混交林,位于杉木园(海拔约 860~880m)的四川大头茶纯林和位于乌龙背(海拔约
720~760m)的四川大头茶马尾松针阔混交林。其林分密度分别为 1660 株/hm²、2470 株/hm²、1500 株/
hm²。在四川大头茶常绿阔叶林和四川大头茶马尾松针阔混交林中各设置 1500m² 的样地,四川大头茶纯林
中设置了 1000m² 的样地。确定样地中所有四川大头茶个体的年龄并根据年龄进行分级。四川大头茶个
体的年龄采用已建立的四川大头茶植株胸径与年龄的回归关系来确定^[12]。对 3 个样地中的四川大头茶设置
7 个年龄级别 I~VII,以 10 龄为一个级别。11~20 龄为级别 I, 21~30 龄为级别 II, 以此类推。

7 月份四川大头茶盛蕾期,开始开花以前,在不同群落的样地中随机选取各龄级四川大头茶 5~10 株,
标记,统计每株的结蕾枝数量。在每标记植株树冠上部 and 下部东、西、南、北 4 个方向共 8 个部位各随机选择 10
~15 个结蕾枝,统计平均每个结蕾枝上花蕾的数目,求得每标记植株的花蕾产量。

10 月份四川大头茶的盛花期,对不一样地中各龄级已标记并进行过花蕾产量统计的植株,在每株树冠
上部和下部的东、西、南、北 4 个方向共 8 个部位摘取若干刚绽开的花,置入冰瓶暂时保存。带回实验室后,立
即剥取每一株四川大头茶采摘的所有花的花粉,混合。按张殿忠方法^[13]测定每株四川大头茶花粉游离脯氨
酸含量。同时,取部分花粉测定含水量。花粉中游离脯氨酸含量以游离脯氨酸占花粉干重的百分率计。

次年 1 月初四川大头茶末花期后,植株已完全进入果期时,对不同群落中各龄级已标记并进行过花蕾
产量统计的四川大头茶植株,采用与检测平均每株四川大头茶花蕾产量相同的方法来统计每标记植株的
果实产量。并以果实产量占花蕾产量的比例来求出四川大头茶标记植株的座果率。

1.3 数据分析

花蕾产量、果实产量和座果率在不同龄级、不同群落间的变化用单因素方差分析(One-Way ANOVA)
检测,并用最小方差数检验(LSD test)和 Duncan 多范围检验(Duncan's multiple range test)进行逐龄级
间和逐群落间差异比较。用 Pearson 相关(Pearson correlation)对花蕾产量、果实产量及座果率与花粉游离

脯氨酸含量的相关性进行检验^[14]。

2 结果

2.1 四川大头茶花粉游离脯氨酸含量

对常绿阔叶林、四川大头茶纯林和针阔混交林 3 种群落类型中四川大头茶的花粉游离脯氨酸含量分析表明,在任一群落类型中,四川大头茶的花粉游离脯氨酸含量都不表现出明显的龄级间差异($P>0.05$, One-Way ANOVA)。但是,四川大头茶花粉游离脯氨酸含量在不同群落中却表现出极显著差异($P<0.01$, One-Way ANOVA)。常绿阔叶林中四川大头茶个体的花粉游离脯氨酸含量最高,纯林次之,针阔混交林中四川大头茶个体的花粉游离脯氨酸含量最低($P<0.05$, LSD test and Duncan's multiple range test)(图 1)。

2.2 四川大头茶生殖产量特征

以花蕾产量、果实产量和座果率为指标,对四川大头茶的生殖产量特征进行了分析。

2.2.1 花蕾产量 不同龄级四川大头茶个体的花蕾产量有差异($P<0.01$, One-Way ANOVA)。一般而言,高龄级个体的花蕾产量要高于低龄级个体,这种变化趋势仅在常绿阔叶林和四川大头茶纯林的少数龄级间

有波动(表 1)。常绿阔叶林中不同龄级个体花蕾产量最大相差约 40 倍,纯林中相差约 6 倍,针阔混交林中相差约 11 倍。花蕾产量不表现出稳定的群落间差异,花蕾产量的群落间变化模式因龄级而异。3 种群落中,低龄级(龄级 I, II, III)个体的花蕾产量在四川大头茶纯林中最高,针阔混交林次之,常绿阔叶林中最低。而其余龄级个体的花蕾产量在常绿阔叶林中最高,针阔混交林次之,纯林中花蕾产量最低。

表 1 缙云山不同群落中不同龄级四川大头茶个体的花蕾产量(mean±sd)

Table 1 Flower bud yields (mean±sd) of *Gordonia acuminata* plants of different age classes in different communities in Jinyun mountain

龄级 Age class	I	II	III	IV	V	VI	VII
常绿阔叶林(EBF)	181±10	503±20	920±75	6504±234	7207±250	6500±241	6513±230
四川大头茶纯林(GF)	378±25	505±34	1211±36	1054±45	2152±68	2120±72	2402±88
针阔混交林(PGF)	308±30	506±33	1016±46	1511±51	2810±62	3150±76	3508±200

EBF denotes evergreen broad-leaved forest, GF denotes *G. acuminata* forest and PGF denotes *Pinus massoniana*-*G. acuminata* mixed forest

2.2.3 座果率 四川大头茶个体的座果率在龄级间不表现出明显的规律性($p>0.05$, One-Way ANOVA)。但在不同群落中存在明显差异($p<0.01$, One-Way ANOVA)。常绿阔叶林中四川大头茶个体的座果率最高,纯林中的座果率次之,针阔混交林中的座果率最低($p<0.05$, LSD test and Duncan's multiple range test)(图 2)。

2.2.3 果实产量 在 3 种群落类型中,四川大头茶果实产量随着树龄的增大而增大。这种增大的趋势仅在纯林中的少数龄级间有波动。从龄级 I 到龄级 VII,常绿阔叶林中个体果实产量最大相差可达约 40 倍,纯林中个体果实产量最大相差可达约 10 倍,针阔混交林中个体果实产量最大相差可达约 23 倍。与花蕾产量一样,果实产量也不表现出稳定的群落间差异(表 2)。较高龄级(龄级 IV~VII)个体的果实产量在常绿阔叶林中最高,针阔混交林中次之,在纯林中的产量最低(龄级 V 例外)。而较低龄级(龄级 I~III)个体的果实产量在纯林中最高,常绿阔叶林中次之,在针阔混交林中的产量最低(其中仅在龄级 II 有例外)。

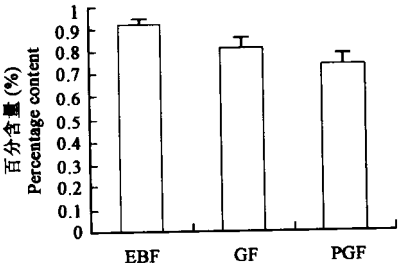


图 1 缙云山不同群落中四川大头茶花粉游离脯氨酸含量(mean±se)

Fig. 1 Pollen free proline content (mean±se) of *G. acuminata* in different communities in Jinyun mountain
EBF 表示常绿阔叶林, GF 表示四川大头茶纯林, PGF 表示针阔混交林. EBF denotes evergreen broad-leaved forest, GF denotes *G. acuminata* forest and PGF denotes *Pinus massoniana*-*G. acuminata* mixed forest

表 2 缙云山不同群落中不同龄级四川大头茶个体的果实产量(mean±sd)
Table 2 Fruit yields (mean±sd) of *Gordonia acuminata* plants of different age classes
in different communities in Jinyun. mountain

龄级 Age class	I	II	III	IV	V	VI	VII
常绿阔叶林 (EBF)	146±12	382±24	701±23	5003±108	5075±123	5706±156	5804±178
四川大头茶纯林 (GF)	211±20	263±22	875±31	552±29	1855±45	1804±42	2084±62
针阔混交林 (PGF)	92±3	244±16	613±18	801±36	1714±40	1858±51	2105±96

EBF denotes evergreen broad-leaved forest, GF denotes *G. acuminata* forest and PGF denotes *Pinus massoniana* - *G. acuminata* mixed forest

2.3 生殖产量特征与花粉游离脯氨酸含量的相关关系

以所有群落中所有龄级四川大头茶个体为对象,对花蕾产量、果实产量及座果率与花粉游离脯氨酸含量的相关关系进行了分析。结果表明,花蕾产量与花粉游离脯氨酸含量不具有相关关系,其相关系数 $r=0.4303$, 对应概率 $p=0.052$;果实产量与花粉游离脯氨酸含量有一定的相关关系,但不是极为显著,其相关系数 $r=0.5049$, 对应概率 $p=0.02$;座果率与花粉游离脯氨酸含量之间有极为显著的相关关系,其相关系数 $r=0.6944$, 对应概率 $p=0.000$ (表 3)。

表 3 四川大头茶花蕾产量、果实产量及座果率
与花粉游离脯氨酸含量的相关关系

Table 3 The correlations between pollen free proline content and flower bud yields, fruit yields, and fruit setting rate of <i>G. acuminata</i> plants			
	单株花蕾产量 Flower bud yields	单株果实产量 Fruit yields	座果率 Fruit setting rate
花粉游离脯氨酸含量	$r=0.4303$	$r=0.5049$	$r=0.6944$
Pollen free proline content	$p=0.052$	$p=0.02$	$p=0.000$

r : 相关系数 correlation coefficient, p : 概率 probability

3 讨论

研究结果证实了四川大头茶花粉游离脯氨酸含量受四川大头茶个体所处生境影响的假设。在所考察的具有四川大头茶个体的 3 种群落类型中,常绿阔叶林中四川大头茶个体的花粉游离脯氨酸含量最高,四川大头茶纯林中个体的含量次之,针阔混交林中四川大头茶个体的花粉游离脯氨酸含量最低。但是,实验结果表明,四川大头茶花粉游离脯氨酸含量并不受植株个体年龄大小的影响。由此可以看出,四川大头茶花粉游离脯氨酸含量并不因植株树龄的差而发生变化,对之有影响的是植株所处的生活环境。群落类型不同,其物种组成不同,由物种组成决定和影响的群落特征和功能活动也有差异,这种差异使生活于不同群落环境中的四种大头茶花粉游离脯氨酸含量发生了变化。但是,为什么会发生变化,引起这种变化的原因和内在机制是什么目前还不清楚。

实验结果表明,果实产量和座果率与花粉游离脯氨酸含量存在相关关系,花蕾产量与花粉游离脯氨酸含量不具有相关关系。此实验结果证实了另一研究假设,即:与受精作用有关的生殖产量特征受花粉游离脯氨酸含量的影响,而与受精作用无关的生殖产量特征不受花粉游离脯氨酸含量的影响。在植物的生殖过程中,先有花蕾产生,再有开花、传粉、受精和果实的形成。花蕾形成在先,其形成与否并不取决于花粉中的游离脯氨酸,因而花蕾产量与花粉游离脯氨酸含量不存在相关关系是可以想象的,也是合理的。不同于花蕾的产生,果实形成与受精作用有密切关系。由于受精作用能否顺利完成决定于到达柱头花粉育性的高低和生活力的强弱,因此可以推断果实形成与否将受花粉育性高低的影响。如果到达柱头花粉的生活力不强,育性不高,将会导致受精失败,使花不能发育为果实。众多研究表明花粉游离脯氨酸含量与花粉育性有

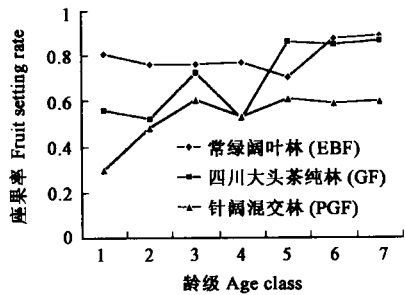


图 2 缙云山不同群落中四川大头茶的座果率
Fig. 2 Fruit-setting rate of *G. acuminata* in different communities in Jinyun, mountain

关^[5~7]。由于脯氨酸特有的有别于其他氨基酸的理化性质(等电点为 6.3 的中性化合物,大量积累不会引起花粉内酸碱度的过度变化;在所有构成蛋白质的氨基酸中毒性最低,高浓度的游离脯氨酸对细胞的抑制作用最小;在所有天然氨基酸中溶解度最高且高浓度的脯氨酸溶液具有很高的水势;是既含有氮又含有能的化合物,在转化为谷氨酸时可产生 NAD(P)H,等等),花粉中的游离脯氨酸不仅对花粉具有保护作用,可抵御不良环境因子的胁迫,提高花粉的抗逆性,保持花粉中酶的活性和花粉的生活力,并且还可以作为结构物质,以羟脯氨酸的形式结合到花粉管壁糖蛋白中,参与花粉的萌发及花粉管的形成与伸长,影响受精过程^[15]。因而,高游离脯氨酸含量的花粉生活力更强,育性更高,使受精过程顺利完成的可能性更大,从而提高花蕾成果的可能性,使果实得以形成。从另一个角度看,提高花蕾成果的可能性即意味着提高座果率,也就是说,高花粉游离脯氨酸含量将导致高的座果率。实验结果表明花粉游离脯氨酸含量与座果率呈极显著正相关关系使此得以证明。

就果实产量而言,实验结果表明尽管其与花粉游离脯氨酸含量具有相关关系,但并不象座果率那样表现出极显著的相关关系。这说明除花粉游离脯氨酸含量外,可能还有其它影响果实产量的因素。在实验中,可以发现,花蕾产量和果实产量均与植株树龄大小有关(表 1,表 2)较高树龄植株具有较高的花蕾和果实产量。这是因为植株树龄越大,则植冠越大,产生花蕾数量也就越多,所以产生的果实数量相对也会增多。由于植株个体大小也是一影响果实产量的重要因素,受此影响,果实产量并不象座果率那样表现出与花粉游离脯氨酸含量呈极显著相关关系。综上所述,小结如下:

(1)四川大头茶花粉游离脯氨酸含量与四川大头茶植株的年龄无关,但与植株所处的群落类型有很大关系。(2)四川大头茶花蕾产量和果实产量随植株年龄的增大呈现出增高的趋势,但并不表现出规律性的群落间变化模式。(3)与受精作用无关的花蕾产量与花粉游离脯氨酸含量不具有相关关系。与受精作用有关的果实产量和座果率与花粉游离脯氨酸含量呈显著的正相关关系,其中座果率表现为极显著正相关。除花粉游离脯氨酸含量影响外,果实产量还受植株个体大小的影响。由于花粉游离脯氨酸含量与座果率之间的显著正相关关系,四川大头茶座果率具有与花粉游离脯氨酸含量一样的群落间变化模式。

参考文献

- [1] 陈爱侠,钟章成. 四川大头茶种子萌发特性的初步研究. 西南师范大学学报(自然科学版), 1996, **20**(6): 658~665.
- [2] Bathurst N O. The amino acids of grass pollen. *J. Exp. Bot.*, 1954, **5**: 253~256.
- [3] Britkov E A, Musatova N A, Vladimirtseva S V, *et al.* Proline in the reproductive system of plants. In: Linskens H F. ed. *Pollen Physiology and Fertilization*. Amsterdam North-Holland Pub. Co. 1964, 78~85.
- [4] Linskens H F and Schrauwen J. The release of free amino acids from germinating pollen. *Acta. Bot. Neerl.*, 1969, **18**: 605~614.
- [5] Fukasawa H. On the free amino acids in anthers of male-sterile wheat and maize. *Japan J. Genet.*, 1954, **29**(4): 135~137.
- [6] Sarvella P, Stojanovic B J and Crogan C O. Amino acids at different growth stages in normal, male-sterile and restored maize. *Z Pflanzenzuchtung*, 1967, **57**: 361~370.
- [7] Palfi G, Pinter L and Palfi Z. The proline content and fertility of the pollen inbred maize lines. *Acta. Bot. Acad. Sci., Hungaricae*, 1981, **27**(12): 179~187.
- [8] Tupy J. Metabolism of proline in styles and pollen tubes of *Nicotiana glauca*. In: Linskens H F. ed. *Pollen Physiology and Fertilization*. Amsterdam: North-Holland Pub. Co., 1964, 86~94.
- [9] Dashek W V, Harwood H T and Rosen W G. The significance of a wall-bond, hydroxyproline-rich glycopeptide in lily pollen tube elongation. In: Heslop-Harrison J. ed. *Pollen Development Physiology*. Butterworths, London, 1971, 194~200.
- [10] Zhang H Q, and Croes A F. Protection of pollen germination from adverse temperature: A possible role for proline. *Plant Cell Envir.*, 1983, **6**: 471~476.
- [11] 刘玉成,钟章成,缪世利,等. 缙云山自然保护区植被概况. 西南师范大学学报, 1984, **9**(5): 117~120.
- [12] 孙 凡,钟章成. 四川大头茶繁殖分配及其环境适应性的关联度研究. 植物生态学报, 1997, **21** (1): 44~52.
- [13] 张殿忠. 测定小麦叶片游离脯氨酸含量的方法. 植物生理学通讯, 1990, **4**: 62~64.
- [14] 卢纹波,万芳数据 捷,等. SPSS for windows. 北京: 电子工业出版社, 1997.
- [15] 朱广廉,曹宗巽. 花粉中游离脯氨酸及其生理功能. 植物生理学通讯, 1985, **4**: 7~12.